

Beregning av innlagringsdyp i Dalabukta ved bruk av diffusor



RAPPORT

Hovedkontor

Gaustadalléen 21
0349 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00
Internett: www.niva.no

NIVA Region Sør

Jon Lilletuns vei 3
4879 Grimstad
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 37 04 45 13

NIVA Region Innlandet

Sandvikveien 59
2312 Ottestad
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 62 57 66 53

NIVA Region Vest

Thormøhlensgate 53 D
5006 Bergen
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 55 31 22 14

NIVA Region Midt-Norge

Høgskoleringen 9
7034 Trondheim
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 73 54 63 87

Tittel Beregning av innlagringsdyp i Dalabukta ved bruk av diffusor	Løpenr. (for bestilling) 6587-2013	Dato 15. november 2013
	Prosjektnr. Udenr. 12378.4	Sider Pris 15
Forfatter(e) André Staalstrøm Anna-Emilia Joëlsson	Fagområde Oseanografi	Distribusjon Åpen
	Geografisk område Kristiansund	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Kristiansund kommune	Oppdragsreferanse Maria Helene Steinnes Jensen ved Rambøll
--	---

<p>Sammendrag</p> <p>For å dekke det sanitære behovet som en forventet befolkningsøkning vil medføre, planlegger Kristiansund kommune å plassere utløpet for avløpsvann på et ennå ikke definert dyp i Dalabukta.</p> <p>I denne undersøkelsen brukes modellen Jetmix for å modellere søylen av avløpsvann som spres i vannprofilen. Inndata til modellen er CTD-målinger målt mellom desember 2010 og mars 2013 ved Havforskningsinstituttet sin målestasjon Bud. Disse dataene antas å være representative også for Dalabukta. Modellen ble utprøvd på lavest og høyest mulig vannføring i røret på respektive 71 og 214 l/s.</p> <p>For å distribuere avløpsvannet på et større areal og dermed å påskynde innblanding av havvann i vannsøylen ble det modellert to typer diffusorer i programmet Difdim. Diffusor 1 og 2 bestod av respektive ni og åtte hull med en diameter varierende mellom 0,20 og 0,25 meter, distribuert på de siste fem meterne nærmest enden av røret. Diffusor 1 hadde sitt endehull på 65 m, mens diffusor 2 hadde sitt endehull på 55 m.</p> <p>Resultatene viste at bruk av diffusor gjør det mulig å plassere det dypeste punktet for utslippet grunnere enn om avløpsvann slippes ut i enden av røret uten diffusor. Ved bruk av diffusor alternativ 1 vil ikke avløpsvann nå overflaten, selv både ved høy vannføring og liten sjiktning i egenvekten. Ved bruk av diffusor alternativ 2, så vil avløpsvann nå overflaten enkelte år når sjiktningen er meget svak.</p>

<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> Kristiansund Kommunalt avløpsvann Utslipp Diffusor 	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> Kristiansund Municipal waste water Discharge Diffusor
--	---



André Staalstrøm
Prosjektleder



Kai Sørensen
Forskningsleder



Kristoffer Næs
Forskningsdirektør

Beregning av innlagringsdyp i Dalabukta ved bruk av diffusor

Forord

I denne rapporten blir innlagingsdyp ved bruk av diffusor beregnet for et mulig utslipp av kommunalt avløpsvann i Dalabukta nær Kristiansund.

Rambøll tok kontakt med NIVA på vegne av Kristiansund kommune for å se på effekten av bruk av diffusor.

Arbeidet har hovedsakelig blitt utført av André Staalstrøm med assistanse fra Anna-Emilia Joelsson. Anna Birgitta Ledang har lest korrektur på rapporten.

Oslo, 19. november 2013

André Staalstrøm

Innhold

Sammendrag	5
1. Innledning	6
2. Hydrografien i området	7
3. Innlagringsdyp ved bruk av et hull	9
4. Innlagringsdyp ved bruk av diffusor	11
5. Samlet vurdering	14
Referanser	15

Sammendrag

For å dekke det sanitære behovet som en forventet befolkningsøkning vil medføre planlegger Kristiansund kommune å plassere utløpet for avløpsvann på et ennå ikke definert dyp i Dalabukta. Dersom avløpsvannets egenvekt er mindre enn egenvekten på vannet i resipienten ved utslippspunktet, vil avløpsvannet stige oppover i vannsøylen. Dette vil være tilfelle i Dalabukta siden avløpsvannet er ferskvann. Underveis skjer innblanding av saltvann som har en høyere egenvekt. Når egenvekten i utslippsvannet tilsvarer egenvekten i omliggende vann opphører stigningen og avløpsvannet begynner i stedet å bre seg ut i horisontal retning. Dypt som dette vil skje på, det såkalte innlagingsdyptet, vil variere dels som følge av at sjiktningen i egenvekten varierer og dels som følge av vannføring i utslippet varierer. Variasjonen i strømforhold vil også påvirke innlagingsdyptet. Hensikten med denne rapporten er å undersøke hvor dypt utslippet må plasseres for å unngå at avløpsvann når overflaten.

Tidligere undersøkelser av innlagingsdyptet har blitt utført av Norconsult med hjelp av modelleringsverktøyet Visual Plumes. Resultatet fra den modelleringen (modellert med et utslippshull på 0,6 meter i diameter) viste at utløpsplassen burde ligge på minst 75 meters vanddyb for at avløpsvannet ikke skulle nå overflatelaget. Dette var tilfellet både ved lav og høy vannføring i utløpet.

I denne undersøkelsen brukes modellen Jetmix for å modellere søylen av avløpsvann som spres i vannprofilen. Inndata til modellen er CTD-målinger målt mellom desember 2010 og mars 2013 ved Havforskningsinstituttet sin målestasjon Bud. Disse dataene antas å være representative også for Dalabukta. Modellen ble utprøvd på lavest og høyest mulig vannføring i røret på respektive 71 og 214 l/s.

For å distribuere avløpsvannet på et større areal og dermed å påskynde innblandingen av havvann i vannsøylen ble det modellert to typer diffusorer i programmet Difdim. Diffusor 1 og 2 bestod av respektive ni og åtte hull med en diameter varierende mellom 0,20 og 0,25 meter distribuert på de siste fem meterne nærmest enden av røret. Diffusor 1 hadde sitt endehull på 65 m, mens diffusor 2 hadde sitt endehull på 55 m.

Resultatene viste at bruk av diffusor gjør det mulig å plassere det dypeste punktet for utslippet grunnere enn om avløpsvann slippes ut i enden av røret uten diffusor. Ved bruk av diffusor alternativ 1 vil ikke avløpsvann nå overflaten selv ved høy vannføring og liten sjiktning i egenvekten. Ved bruk av diffusor alternativ 2 vil avløpsvann nå overflaten enkelte år når sjiktningen er meget svak.

1. Innledning

For å dekke det sanitære behovet som en forventet befolkningsøkning vil medføre (Kristiansund kommune, 2013), planlegger Kristiansund kommune å plassere utløpet for avløpsvann på et ennå ikke definert dyp i Dalabukta. Dalabukta ligger nær Kristiansund (**Figur 1**). Vannmengden som er planlagt å slippes ut er vist i **Tabell 1**.

Dersom avløpsvannets egenvekt er mindre enn egenvekten på vannet i resipient vil avløpsvannet stige oppover i vannprofilen. Underveis skjer innblanding av saltvann som har en høyere egenvekt. Når egenvekten i utslippsvannet tilsvarer egenvekten i omgivende vann opphører stigningen og avløpsvannet begynner i stedet å bre seg ut i horisontal retning. Dypet som dette vil skje på, det såkalte innlagingsdypet, vil variere dels som følge av att sjiktningen i saltholdighet gjør det, dels som følge av vannføring i utslippet. Hensikten med denne rapporten er å undersøke hvor dypt utslippet må plasseres for å unngå at avløpsvann når overflaten.

Tidligere undersøkelser av innlagingsdypet har blitt utført av Norconsult (2013 a, b) med hjelp av modelleringsverktøyet Visual Plumes. Resultatet fra den modelleringen (modellert med et utslippshull på 0,6 meter i diameter) viser at utløpsplassen bør ligge på minst 75 meter for å unngå at avløpsvannet når overflaten både ved lav og høy vannføring i utløpet.



Figur 1. Kart over området.

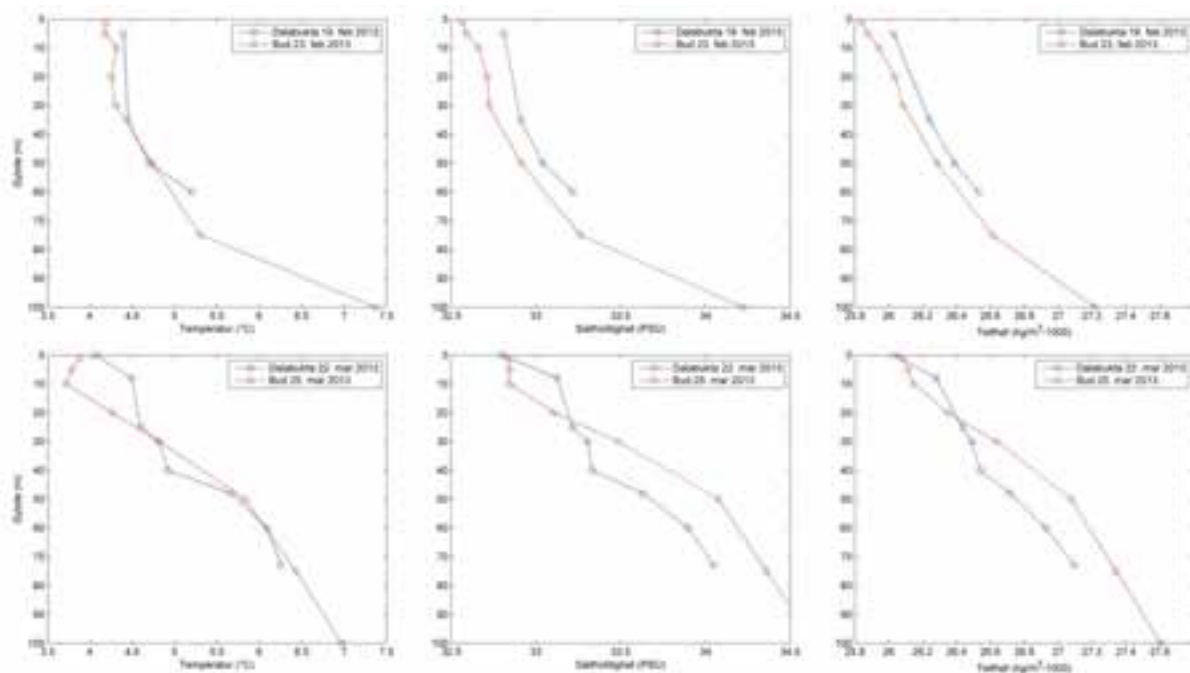
Tabell 1. Vannføring i planlagt utslipp.

	Vannføring	Hastigheten i utslippsstrålen ved diameter 0.6 m
Høy	214 l/s	0.75 m/s
Middels	143 l/s	0.51 m/s
Lav	71 l/s	0.25 m/s

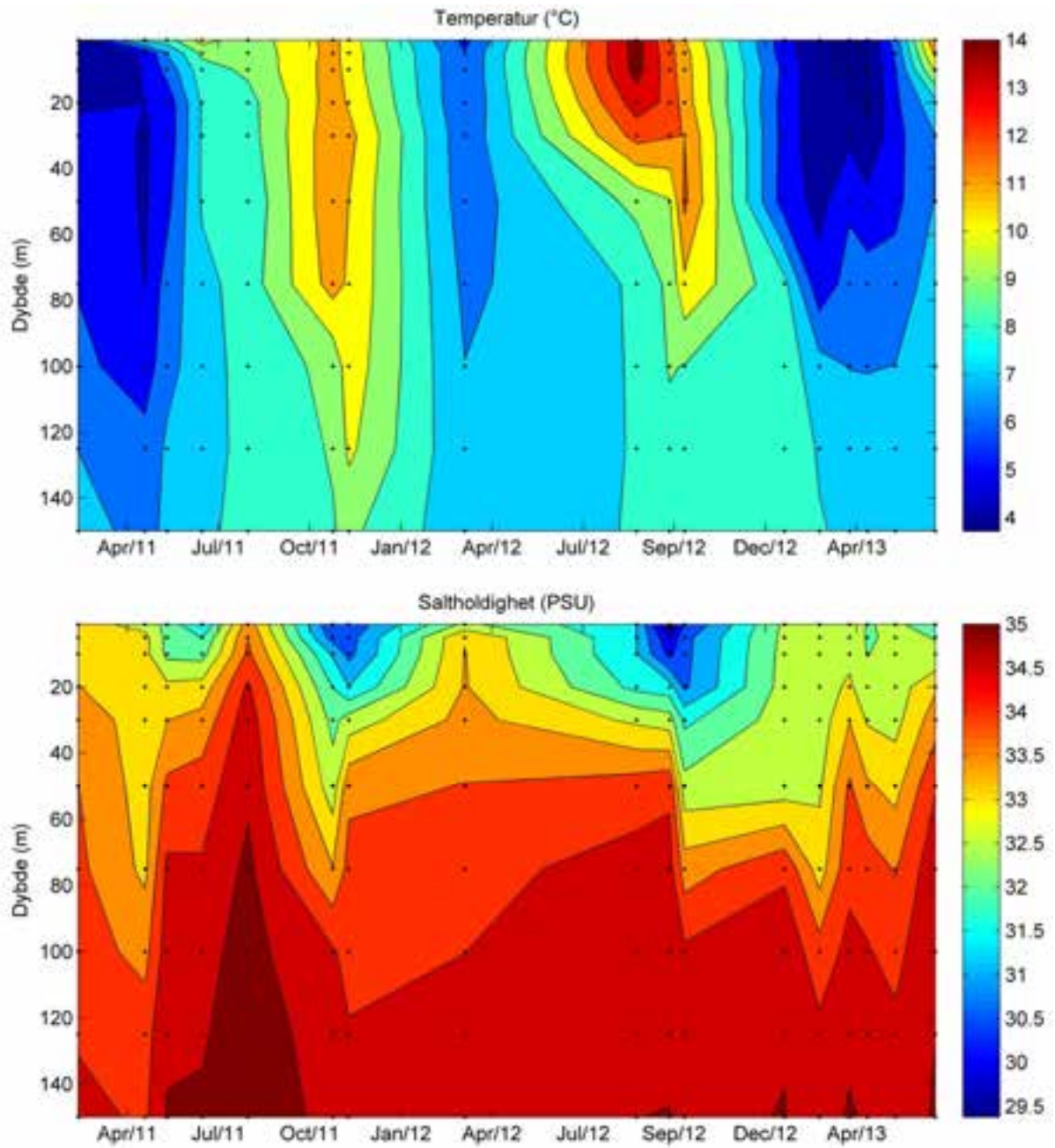
2. Hydrografien i området

I februar og mars 2013 ble det foretatt to CTD målinger i Dalabukta ($63^{\circ}07.829' \text{ N } 7^{\circ}43.513' \text{ E}$). Ved begge disse to anledningene var sjiktningen i de øverste 70 meterne svært liten. For å øke data grunnlaget ble disse profilene sammenlignet med data som ble målt på stasjonen Bud ($62^{\circ}56' \text{ N } 6^{\circ}47' \text{ E}$) som ligger omtrent 53 km lenger vest-sørvest. **Figur 1** viser at profiler som er målt nært i tid på de to stasjonene har forholdsvis lik sjiktning, og beregning av innlagringsdyp vil gi likt resultat om man benytter en CTD profil fra Bud eller en fra Dalabukta. Vi antar derfor at sjiktningen vil være lik på de to stasjonene også ved andre tidspunkt i sesongen.

Konturplott av temperatur og saltholdighet for stasjonen Bud for perioden fra februar 2011 til juni 2013 er vist i **Figur 3**. I figuren ser man områder hvor sjiktningen er sterk ved at det er liten vertikal avstand mellom konturlinjene og områder hvor sjiktningen er svak ved at det er stor vertikal avstand mellom konturlinjene. Man kan se fra målinger av saltholdighet at sjiktningen i februar/mars 2013 er svært liten i de øverste 60 meterne. Det er svak sjiktning også i andre perioder, som i april 2011 og i mars 2012. Det er altså svak sjiktning på sen vinteren/våren for alle de tre årene som er presentert her.



Figur 2. Sammenligning av CTD målinger fra Dalabukta og stasjonen Bud.

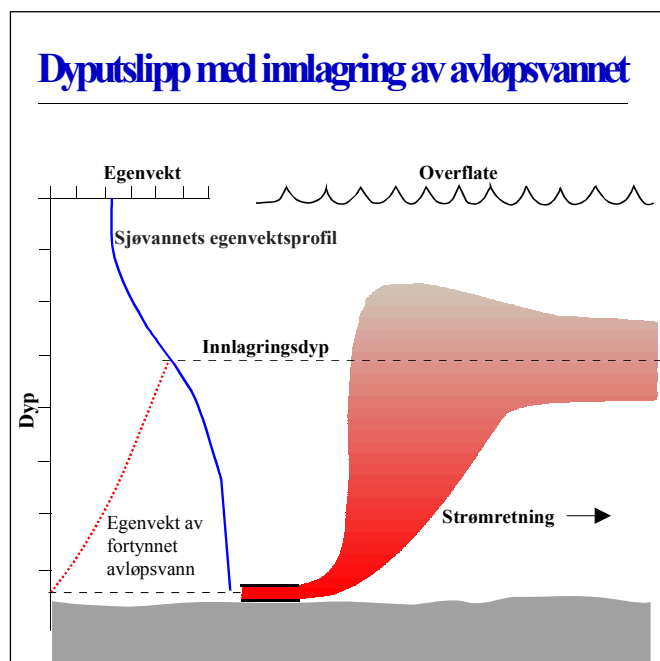


Figur 3. Saltholdighet (nederst) og temperatur (øverste) fra Bud i form av konturplott.

3. Innlagringsdyp ved bruk av et hull

Avløpsvannet, som er lettere enn vannet i resipienten, vil stige oppover. I dette tilfellet er resipienten sjøvannet i Dalabukta, og avløpsvannet er ferskvann. Avløpsstrålen vil ha positiv oppdrift, men samtidig vil sjøvann blandes inn, og avløpsstrålens egenvekt øker. Ofte er resipienten lagdelt. Det betyr at egenvekten minker oppover i vannsøylen, det betyr at egenvekten til sjøvannet rundt avløpsstrålen blir mindre og mindre, mens avløpsstrålen stiger oppover. Når egenvekten til avløpsstrålen er lik tettheten til vannet rundt på grunn av innblanding, har ikke lenger avløpsstrålen positiv oppdrift. Avløpsvannet vil likevel stige et stykke oppover, helt til all bevegelsesenergien i strålen er brukt opp, og den vil synke noe ned igjen til den når laget med samme egenvekt igjen. Vi sier at avløpsvannet har nådd sitt innlagringsdyp.

Figur 4 illustrerer dette, hvor stigende avløpsvann når sitt innlagringsdyp, og siden spres horisontalt. Til venstre for skissen av avløpskyen, vises to grafer som henholdsvis viser egenvekten til resipienten (blå linje) og avløpsvannet (rød stiplet linje). Innlagringsdypet vil være omtrent hvor de to kurvene krysser hverandre. Vi kan merke oss at hvis vannmassen er veldig homogen, det vil si at den blå kurven er nesten vertikal, så vil det bli vanskelig å oppnå et innlagringsdyp under overflaten. Dette kan i så fall kun oppnås hvis avløpsvannet fortynnes mye raskt, og avløpsstrålens egenvekt øker raskt.

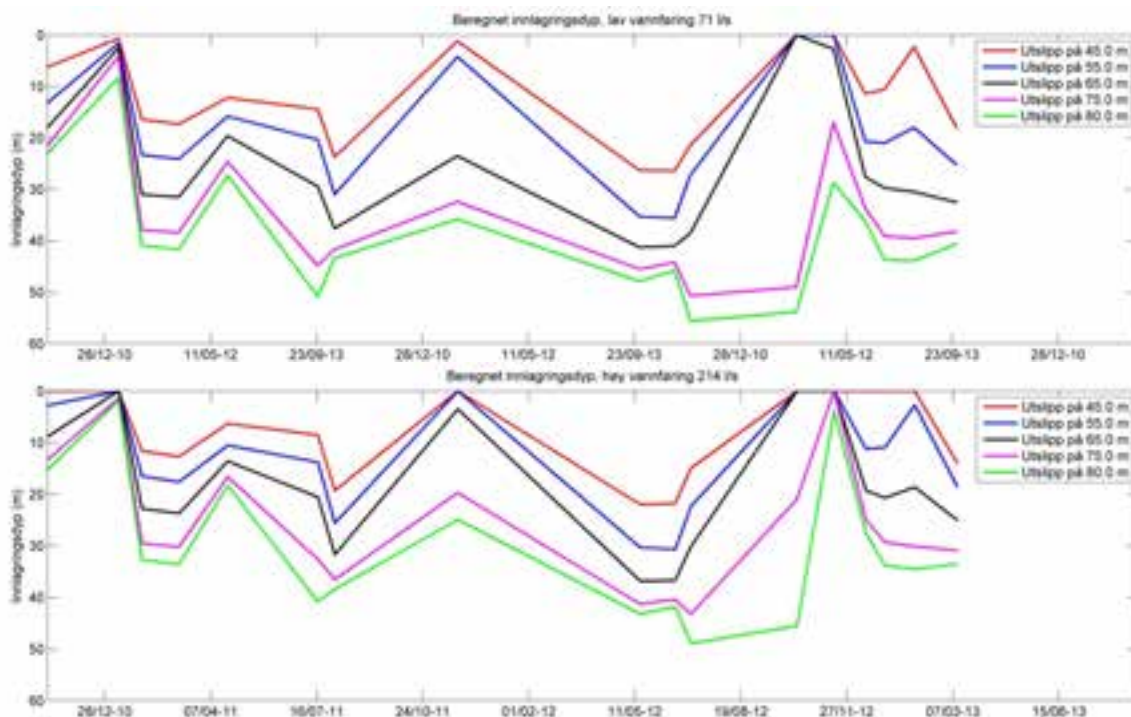


Figur 4. Prinsippskisse som viser hvordan et dyputslipp av avløpsvann fungerer i forhold til innlagring. En forutsetning for innlagring er at egenvekten for fjordvannet øker med dypet (vertikal sjiktning).

I dette prosjektet benytter vi programmet Jetmix, som beregner innlagringsdypet. Det er posisjonen til senteret av strålen sitt grunneste punkt som rapporteres. Det vil si når strålen ikke lenger har positiv oppdrift eller bevegelsesenergi oppover. Modellen er beskrevet av Bjerkeng og Lesjø (1973). Modellen kan sammenlignes med programmet Visual Plumes beskrevet av (Frick et al., 2001). De to programmene er likeverdige. Den største forskjellen mellom dem er at Visual Plumes tar hensyn til strømhastigheten i resipienten, mens Jetmix ikke gjør det. Hvis det er en strømhastighet i resipienten så vil dette vanligvis gi et dypere innlagringsdyp. Siden beregningene i denne rapporten ikke tar hensyn til denne effekten, så vil virkelig innlagringsdyp ligge noe lavere enn det som blir beregnet.

Vi har vist at sjikningen (egenvektsprofil) målt i Dalabukta er sammenlignbar med målt sjikning ved Havforskningsinstituttets overvåkningsstasjon ved Bud (se kart i **Figur 1**). Siden vi kan benytte data fra Bud, har vi mulighet til å se på hvordan innlagingsdypet vil variere gjennom året. Innledningsvis har vi beregnet innlagingsdyp ved utslipp av et enkelt hull i en avløpsledning med diameter 0.6 m. Vi har benyttet høy og lav vannføring fra **Feil! Fant ikke referanseilden..** Beregningene er basert på 17 egenvekts profiler målt fra februar 2011 til juni 2013. Vi ser fra **Figur 3** at om senvinteren/våren er det liten sjikning i vannmassene. Spesielt i målingene foretatt februar og mars 2013 er det nesten ingen endring i saltholdighet mellom 0 og 60 meter. Men også de to foregående vintrene er det svak sjikning.

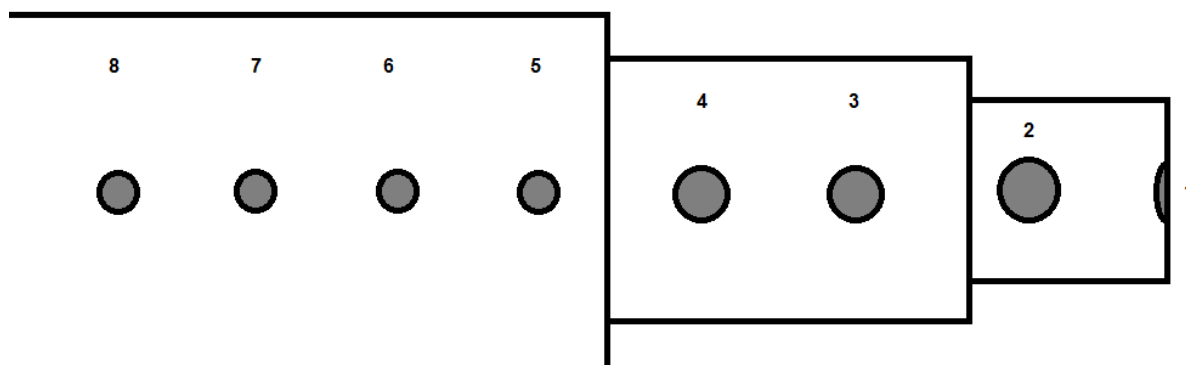
Dette gjenspeiler seg i beregningene av innlagingsdyp (**Figur 5**). Ved høy vannføring vil avløpsvannet trenge opp til overflaten selv med utslipp på 75 meters dyp. I denne sammenhengen må vi gjenta at Jetmix ikke tar hensyn til strømhastigheten i resipienten. Tidligere beregninger med Visual Plumes Norconsult (2013 a, b) har vist at avløpsvannet vil innlagres godt under overflata om man tar hensyn til strømhastigheten. Resultatene i **Figur 5** må betraktes som ett verst tenkelig tilfelle hvor det er strømstille, men det er ikke usannsynlig at dette vil forekomme i perioder i Dalabukta, for eksempel mens tidevannet snur. Ved utslipp grunnere enn 75 m kan det altså forekomme gjennomslag til overflaten i en kortere periode på vinteren. Ved utslipp grunnere enn 65 m vil det kunne forekomme gjennomslag til overflaten i lengre perioder på vinteren. Ved mindre vannmengder blir det mindre grad av gjennomslag av avløpsvann til overflaten.



Figur 5. Beregnet innlagingsdyp ved bruk av et hull, ved utslipp på 45, 55, 65, 75 og 80 meters dyp. Øverst vises beregningene ved lav vannføring (71 l/s) og nederst ved høy vannføring (214 l/s). Det er benyttet en diameter på utslippsåpningen på 0.6 m.

4. Innlagringsdyp ved bruk av diffusor

For å øke fortynningen i utslippet, og dermed oppnå at avløpsvannets egenvekt øker raskere, så kan det lages en diffusor på avløpsledningen. Dette vil bestå av en rekke hull i avløpsrøret. Tykkelsen på avløpsrøret vil også variere skrittvis i diffusoren for å kontrollere hastigheten i utslippet. Diffusoren designes utifra ønsket strømhastighet i endehullet, som ligger dypest, og tilgjengelig trykkhøyde i avløpskummen. Et avløpsanlegg har typisk en kum rett før avløpsrøret går ut i sjøen. I denne kummen kan vannet stå en viss høyde over vannflata i resipienten. Hvis overflaten i kummen går for høyt opp vil det renne over i kummen. Det er denne høyden som gir trykk til å presse vannet ut av avløpsrøret ute i resipienten. Det vil være friksjonstap i avløpsrøret og mottrykk fra sjøvannet siden det er tyngre enn avløpsvannet. Denne motstanden må overvinnes av trykkhøyden i kummen. Vi benytter et program som heter DifDim for å gjøre disse beregningene (Dammen, 1979 a,b). **Figur 6** viser en skisse av hvordan en diffusor kan se ut.



Figur 6. Skisse av et eksempel på en diffusor med 8 hull. Merk at avstanden mellom hullene er 2 m. Syv av hullene plasseres vekselvis på den ene og den andre siden av diffusoren.

I denne rapporten viser vi to alternative diffusor design. Begge er ganske like, bortsett fra hvilket dybde de legges på. Forskjellen i design kommer av at egenvekten på vannet i resipienten utenfor er forskjellig. Det er her fokus på hvilken effekt dette vil ha på innlagringsdypet. Ved det tilfellet at det planlegges å bygge en diffusor, bør design programmet kjøres på nytt, utifra de tekniske spesifikasjoner man ønsker. Dette kan være ønsket rørdiameter og tilgjengelig trykk (høyden i avløpskummen).

Tabell 2 og **Tabell 3** viser resultatene fra DifDim. De to alternativene som er foreslått er henholdsvis 16 og 18 meter lange langs bunn. Beregnet nødvendig energihøyde for diffusor alternativ 1 er 2.5 ± 0.4 m, hvis det legges inn en vannføring som er dobbelt så stor som høy vannføring i **Tabell 4**.

Tabell 2. Diffusor alternativ nr. 1 med dypeste hull på 65 m.

Hull Nr.	Avstand langs røret (m)	Utslipps dyp (m)	Hull-diameter (m)	Stråle-diameter (m)	Fart i strålen (m/s)	Vannstrøm (l/s)	Froude tall	Rør-diameter (m)	Fart i røret (m/s)
1	325.0	64.7	0.25	0.199	0.35	10.7	1.52	0.600	0.0
2	323.1	64.1	0.25	0.195	0.66	19.7	2.91	0.600	0.1
3	321.2	63.5	0.25	0.194	0.86	25.4	3.84	0.600	0.2
4	319.3	62.9	0.25	0.190	1.03	29.3	4.62	0.600	0.3
5	317.4	62.3	0.20	0.155	1.18	22.1	5.87	0.700	0.3
6	315.5	61.7	0.20	0.154	1.31	24.2	6.53	0.700	0.3
7	313.5	61.1	0.20	0.153	1.42	26.0	7.14	0.700	0.4
8	311.6	60.5	0.20	0.151	1.53	27.5	7.72	0.700	0.5
9	309.7	59.9	0.20	0.150	1.63	28.9	8.27	0.700	0.6

Tabell 3. Diffusor alternativ nr. 2 med dypeste hull på 55 m.

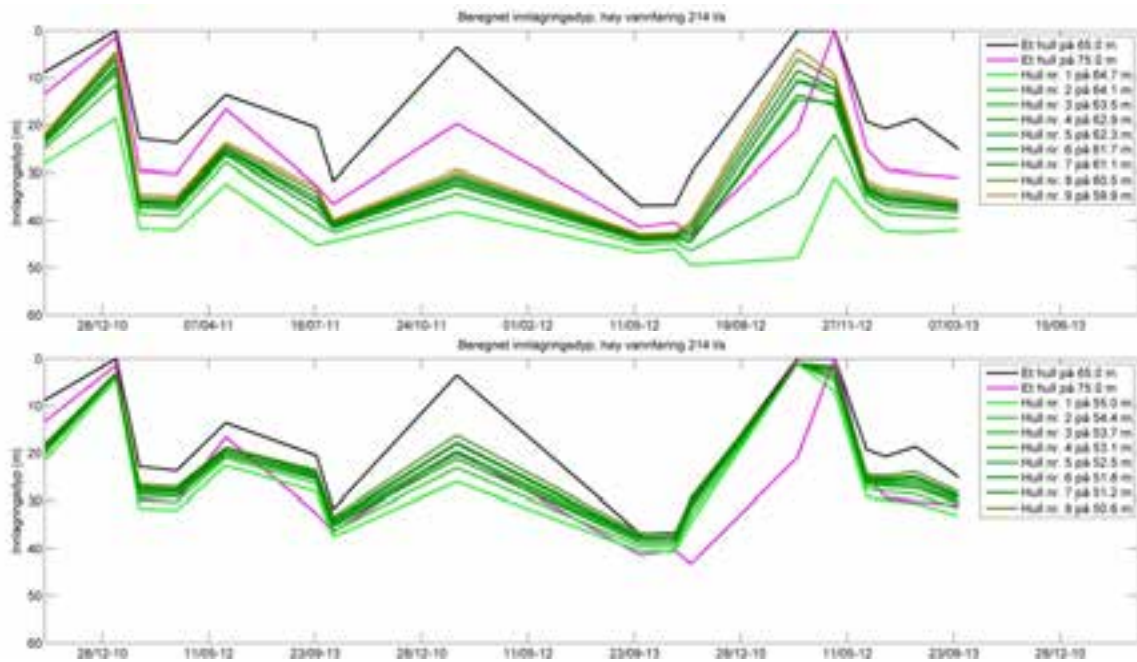
Hull Nr.	Avstand langs røret (m)	Utslipps dyp (m)	Hull-diameter (m)	Stråle-diameter (m)	Fart i strålen (m/s)	Vannstrøm (l/s)	Froude tall	Rør-diameter (m)	Fart i røret (m/s)
1	295.0	55.0	0.25	0.199	0.62	19.1	2.73	0.562	0.1
2	293.1	54.4	0.25	0.194	0.84	24.9	3.76	0.562	0.2
3	291.2	53.7	0.25	0.192	1.02	29.6	4.58	0.600	0.3
4	289.3	53.1	0.25	0.189	1.17	32.7	5.31	0.600	0.4
5	287.4	52.5	0.20	0.154	1.31	24.3	6.60	0.700	0.3
6	285.5	51.8	0.20	0.153	1.43	26.2	7.24	0.700	0.4
7	283.6	51.2	0.20	0.152	1.54	27.8	7.84	0.700	0.5
8	281.7	50.6	0.20	0.150	1.65	29.2	8.42	0.700	0.6

Tabell 4. Nødvendig energihøyde i meter over resipientens overflata.

Vannføring (l/s)	Nødvendig energihøyde (m) Alternativ 1	Nødvendig energihøyde (m) Alternativ 2
71	1.6 ± 0.1	1.4 ± 0.1
143	1.7 ± 0.1	1.5 ± 0.1
214	1.9 ± 0.1	1.6 ± 0.1
428	2.5 ± 0.4	2.2 ± 0.4

Det er beregnet innlagingsdyp for alle de individuelle strålene i de to diffusor alternativene (**Figur 7**). Ved alternativ nr. 1 hvor det dypeste hullet er lagt på 65 meters dyp, blir det ikke gjennomtrekking til overflaten.

Ved bruk av alternativ nr. 2 hvor det dypeste hullet er lagt på 55 m, blir det gjennomtrekking til overflaten ved en anledning, ved profilen målt i februar 2013. Ved denne anledningen er utslippet fortynnet 300-400 ganger når det når overflaten.



Figur 7. Beregnet innlagingsdyp ved bruk av diffusor, lagt på to forskjellige dyp. Øverste figur viser resultatene når det nederste hullet legges på 65 m og figuren under viser resultatene når hull nr. 1 er lagt på 55 m. Begge alternativene er sammenlignet med resultater uten diffusor med utslipp på 65 og 75 m. Alle beregningene er med høy vannføring (214 l/s).

5. Samlet vurdering

I denne rapporten har vi funnet at sjiktningen målt i Dalabukta er forholdsvis lik sjiktningen målt ved stasjon Bud, som ligger 53 km unna. Dette gir oss muligheten til å studere hva som skjer på andre tider av året, enn da målingene i Dalabukta ble foretatt. Det sier oss også at vannmassene i Dalabukta i liten grad er påvirket av ferskvann fra land som styrker sjiktningen. I Dalabukta kan vannmassene bli veldig godt blandet, spesielt på senvinteren/våren. Dette gjør at det er utfordrende å oppnå innlagring under overflata ved et dyputslipp. På den annen side så tyder likheten mellom vannmassene inne i bukta med vannmassene lenger ute i havet at vannutvekslingen i bukta er god.

Beregninger med programmet Jetmix bekrefter tidligere beregninger foretatt av Norconsult, hvor det blir funnet at et dyputslipp må legges dypt (over 75 m) for at innlagring under overflata kan oppnås. Ved bruk av diffusor blir innlagringsdyptet lenger ned under overflaten. Legges det dypeste hullet på 65 m, vil det ikke forekomme gjennomtrengning av avløpsvann til overflata. Legges det dypeste hullet på 55 m, vil det i enkelte tilfeller forekomme gjennomtrengning til overflata. Disse tilfellene vil være sjeldnere, de vil for eksempel ikke forekomme hver vinter, og avløpsvannet vil i slike tilfeller ha en fortykning på 350 til 400 ganger.

Basert på disse beregningene vurderes det at det kan være forsvarlig å benytte alternativ nr. 2. Gjennomtrengning til overflata vil da forekomme sjelden, fortykningen vil være stor og vannmassene vil ikke bli værende i Dalabukta i lang tid. Et forbehold som må tas i den sammenhengen er at rensegraden til avløpsanlegget ikke er vurdert i dette arbeidet, ei heller eventuelle effekter på vannkvaliteten. Hvis avløpsvannet slippes ut urensset, anbefales det at alternativ nr. 1 benyttes.

Referanser

- Baugartner, D., Davis, L., Frick, W., George, K., & Roberts, P. (2001). *Dilution Models for Effluent Discharges*. Athens Georgia, USA: Environmental Division US. Environmental Protection Agency.
- Bjerkeng, B., & Lesjø, A. (1973). *Mixing of a jet into a stratified environment*. Prosjektkomiteen før rensing av avløpsvann.
- Dammen, B. (1979a). *Diffusorprogrammet DIFDIM. teoretisk bakgrunn, muligheter og begrensninger. Kursdagene ved NTH-Trondheim 3-5 januar 1979*. Trondheim.
- Dammen, B. (1979b). *Diffusorprogrammet DIFDIM. Input og output. Kursdagene ved NTH-Trondheim*. Trondheim.
- Kristiansund kommune. (2013, 11 12). *Årsrapport Kristiansund kommune 2012*. Hentet fra issuu: http://issuu.com/kermitt/docs/krsundkommune_aarsrapp2012?e=5014974/2256477
- Norconsult. (2013a). *Miljøfaglig vurdering av plassering av utslippspunkt*. Horten: Kristiansund Kommune.
- Norconsult. (2013b). *Resipientundersøkelse i Kristiansund kommune 2012*. Horten: Kristiansund kommune.

NIVA: Norges ledende kompetansesenter på vannmiljø

NIVA gir offentlig vannforvaltning, næringsliv og allmennheten grunnlag for god vannforvaltning gjennom oppdragsbasert forsknings-, utrednings- og utviklingsarbeid. NIVA kjennetegnes ved stor faglig bredde og godt kontaktnett til fagmiljøer i inn- og utland. Faglig tyngde, tverrfaglig arbeidsform og en helhetlig tilnæringsmåte er vårt grunnlag for å være en god rådgiver for forvaltning og samfunnsliv.



Norsk institutt for vannforskning

Gaustadalléen 21 • 0349 Oslo
Telefon: 02348 • Faks: 22 18 52 00
www.niva.no • post@niva.no